

УДК 621.791.92:669.35

А. А. Вайнерман, С. А. Пичужкин

ЦНИИ КМ «Прометей»,

г. Санкт-Петербург

ОСОБЕННОСТИ НАПЛАВКИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НИКЕЛЯ НА АЛЮМИНИЕВУЮ БРОНЗУ БР. А9Ж4Н4МЦ1

В настоящее время актуальной проблемой является повышение срока службы судовой арматуры из алюминиевых бронз. Повысить ресурс эксплуатации такой арматуры можно путем аргонодуговой наплавки уплотнительного поля узла затвора коррозионно-стойкими медно-никелевыми сплавами с содержанием никеля порядка 40 %. Доклад посвящен исследованию особенностей наплавки медно-никелевых сплавов с различным содержанием никеля на алюминиевую бронзу Бр. А9Ж4Н4Мц1.

Ключевые слова: судовой арматура, аргонодуговая наплавка, алюминиевая бронза, медно-никелевый сплав.

A. Vaynerman, S. Pichuzhkin

FEATURES OF WELDING DEPOSITION COPPER-NICKEL ALLOYS CONTAINING DIFFERENT AMOUNT OF NICKEL ON ALUMINUM BRONZE БР. А9Ж4Н4МЦ1

Currently the enhancement of endurance of aluminum bronze valves is the actual problem. The endurance of the valves can be enhanced by argon-arc welding deposition with corrosion resistant copper-nickel alloys with nearly 40 % of nickel. So the article deals with the research of features of welding deposition copper-nickel alloys containing different amount of nickel on aluminum bronze Бр. А9Ж4Н4Мц1.

Keywords: valves, argon-arc welding deposition, aluminum bronze, copper-nickel alloy.

В настоящее время в судостроительной промышленности применяют литую судовую арматуру из алюминий-никелевых бронз [1]. Однако при длительной эксплуатации этой арматуры в морской воде может происходить заметное разрушение уплотнительных полей из-за недостаточной коррозионной стойкости. Поэтому актуальной проблемой является повышение

срока службы арматуры из алюминиевых бронз путем наплавки уплотнительного поля узла затвора коррозионно-стойкими медно-никелевыми сплавами с содержанием никеля порядка 40 % [1].

При наплавке медно-никелевых сплавов на алюминиевые бронзы в результате расплавления, перемешивания и совместной кристаллизации образуется сплав на основе системы Cu-Ni-Al. Никель и алюминий в сплавах данной системы имеют ограниченную, уменьшающуюся с понижением температуры, растворимость в твердом растворе на основе меди [2; 3]. В результате при кристаллизации в металле наплавки или зоне сплавления бронзы с наплавленным металлом возможно образование интерметаллидных соединений на основе (Ni, Al), которые могут быть причиной трещинообразования и падения рабочих свойств наплавленного изделия.

Поэтому целью настоящей работы является исследование трещинообразования наплавленного металла, особенностей формирования состава, структуры и свойств соединения, наплавленного сварочными проволоками с различным содержанием никеля на бронзу марки Бр. А9Ж4Н4Мц1.

На пластины из бронзы Бр. А9Ж4Н4Мц1, предназначенной для ресурсной арматуры, выполнялась аргонодуговая наплавка неплавящимся электродом на переменном токе проволоками марок МНЖКТ5-1-0,2-0,2, Св-МН18, Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1, НМЖМц28-2,5-1,5 (монель-металл). Наплавка выполнялась после охлаждения предыдущего валика и основного металла до 100 °С и ниже.

Бронза Бр. А9Ж4Н4Мц1 в своем составе содержит около 9 % алюминия, в результате чего в металле шва могут образоваться пленки тугоплавкого окисла Al_2O_3 , которые препятствуют надежному сплавлению наплавленных валиков с бронзой и между собой и могут приводить к порообразованию и трещинообразованию. При наплавке на постоянном токе прямой полярности разрушение пленки Al_2O_3 не происходит. При использовании переменного тока пленки Al_2O_3 разрушаются в результате процесса катодного распыления.

Охлаждение до 100 °С и ниже при наплавке медных сплавов связано с наличием у них провала пластичности в области повышенных температур, что может привести к образованию трещин в наплавленном и основном металле.

При наплавке сварочных проволок марки МНЖКТ 5-1-0,2-0,2 и Св-МН18 на бронзу марки Бр. АЖ4Н4Мц1 трещин в наплавленном металле не образовалось. При наплавке непосредственно на бронзу сварочных проволок с высоким содержанием никеля (40 % и более) – в наплавленном металле образовались трещины (пример на рис. 1). Исследуем причину трещинообразования.

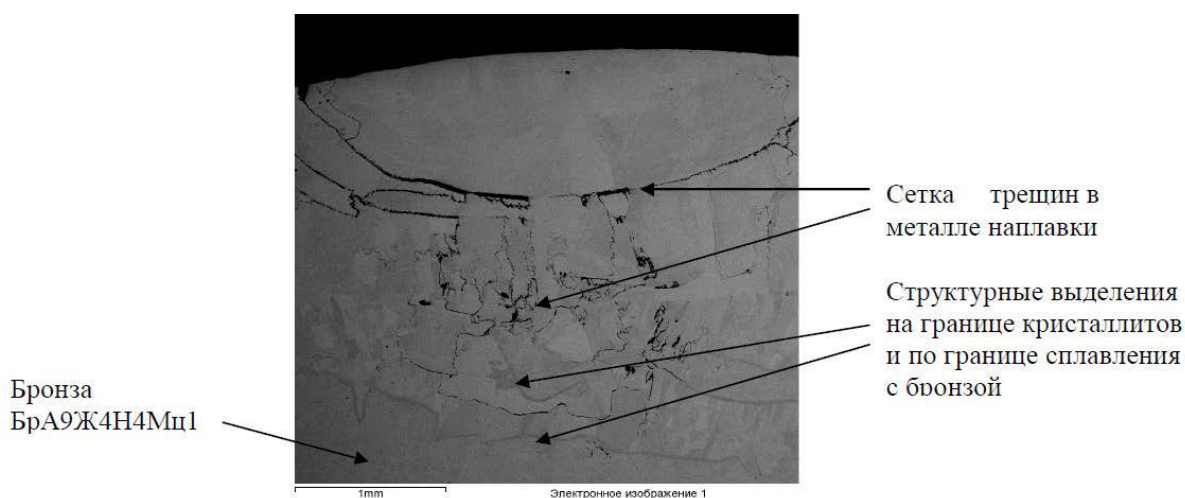


Рис. 1. Наплавка монель-металла НМЖМц28-2,5-1,5 на бронзу Бр.А9Ж4Н4Мц1

Трещины образуются межкристаллитно, выходят на поверхность наплавки. При этом, если в металле, наплавленном сварочной проволокой Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1 (в проволоке примерно 40 % Ni) на бронзу Бр. АЖ4Н4Мц1, образуются отдельные трещины, то с увеличением содержания никеля в металле наплавки количество трещин увеличивается, образуя межкристаллитные сетки трещин, как в случае наплавки монель-металла (в проволоке примерно 67 % Ni). Следует отметить, что на рис. 1 видно выделение частиц по границе кристаллитов. Микрорентгеноспектральный анализ (рис. 2, а) показал, что выделившиеся частицы содержат большое количество никеля и алюминия в своем составе, причем содержание алюминия в них гораздо больше, чем его содержание в бронзе, поэтому можно предположить, что выделившиеся частицы – интерметаллиды на основе (Ni, Al).

Однако при наплавке сварочной проволоки Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1 на бронзу трещины образуются, но подобных частиц не найдено в районе трещин (рис. 2, б). Поэтому для уточнения причин трещинообразования был произведен рентгеноструктурный анализ этих соединений в районе трещин (рис. 3).

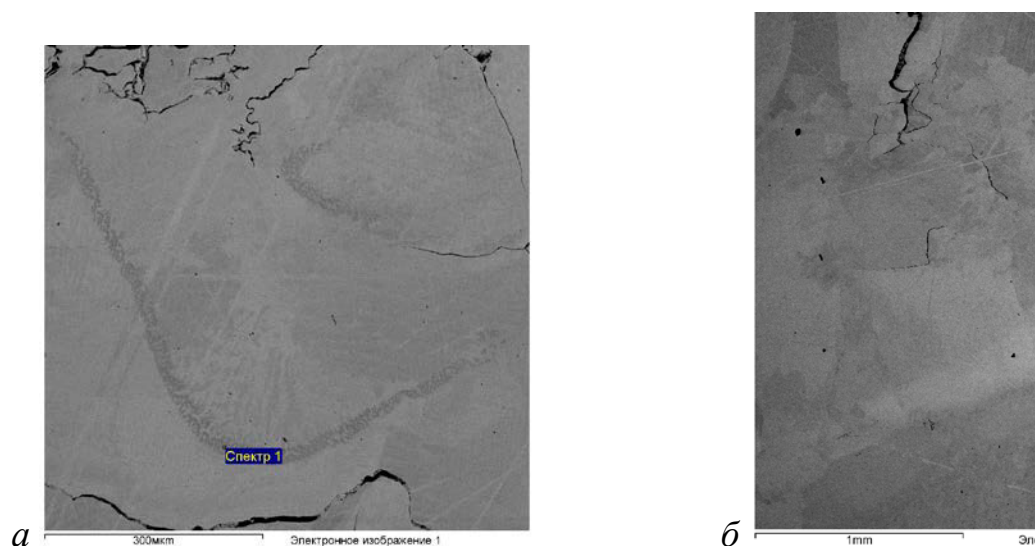


Рис. 2. Металл, наплавленный проволокой НМЖМц28-2,5-1,5 (а) и Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1 (б) на бронзу Бр.А9Ж4Н4Мц1 (спектр 1 – 33 % Ni, 15 % Al)

Из графиков на рис. 3 видно, что в металле, наплавленном НМЖМц28-2,5-1,5 на бронзу, пик интенсивности интерметаллида Ni_3Al явно определен (рис. 3, а), что точно подтверждает наличие значительного количества этой интерметаллидной фазы. В случае наплавки проволокой Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1 пик интенсивности небольшой (рис. 3, б), что вероятнее всего связано с малым количеством этой фазы, но, тем не менее, его можно выделить на графике. Поэтому можно утверждать, что и в этом случае причиной трещинообразования вероятнее всего являются именно выделения интерметаллидной фазы Ni_3Al .

Исходя из проведенных экспериментов, можно сделать вывод, что производить наплавку материалов с содержанием никеля 40 % и более на бронзу Бр. А9Ж4Н4Мц1 необходимо только с применением промежуточного подслоя, чтобы избежать образования интерметаллидных фаз на основе (Ni,Al). В качестве присадочного материала для наплавки промежуточного подслоя были опробованы отечественные сварочные проволоки МНЖКТ 5-1-0,2-0,2

(никеля в составе проволоки порядка 5 %) и Св-МН18 (никеля в составе проволоки порядка 18 %).

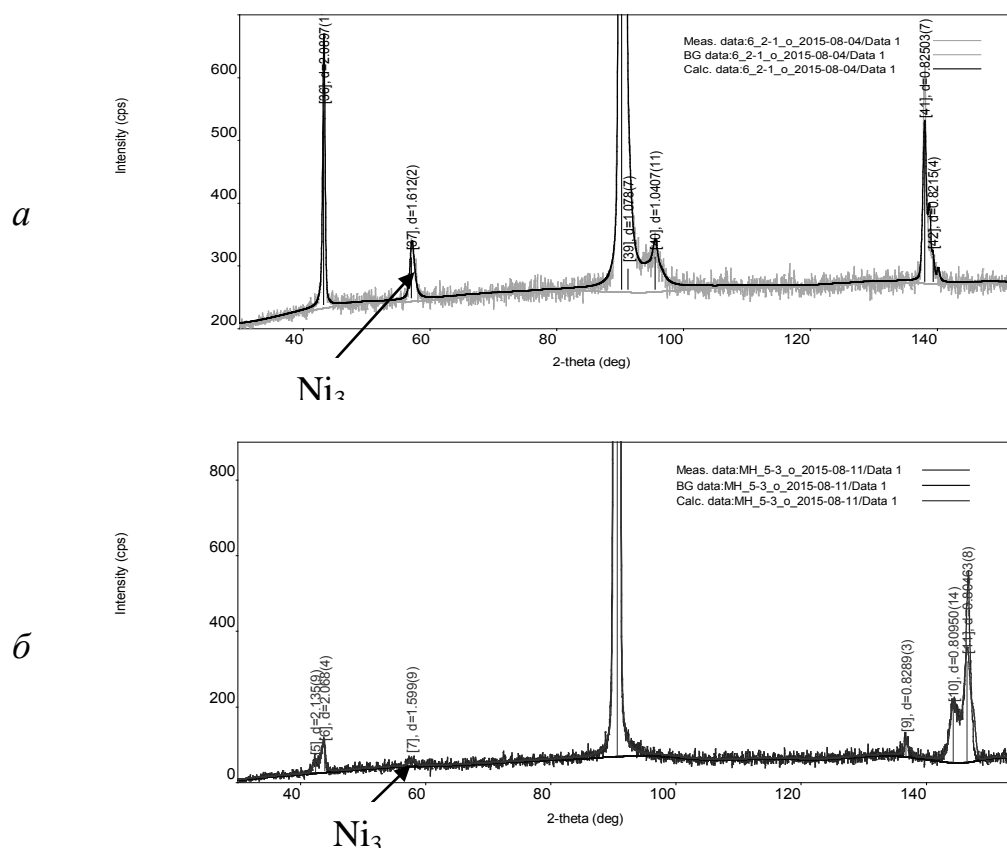


Рис. 3. Результат рентгеноструктурного анализа металла, наплавленного проволоками НМЖМц28-2,5-1,5 (а) и Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1 (б) на бронзу Бр. А9Ж4Н4Мц1

На промежуточный подслои, наплавленные этими присадками на бронзу, наплавался основной слой сварочной проволокой Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1. В эксперименте решались задачи по выбору оптимальной присадочной проволоки для наплавки промежуточного подслоя и установлению допустимого количества алюминия, не вызывающего трещинообразования при сварке на разных сварочных токах. При использовании присадочной проволоки марки Св-МН18 обнаружены трещины в основном слое, наплавленном сварочной проволокой Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1. В случае применения присадочной проволоки марки МНЖКТ 5-1-0,2-0,2 трещины образовались в основном слое только при содержании в нем алюминия 2,2 % и выше (рис. 4). При содержании алюминия в основном слое не более 1,5 % трещины в соединении не образовывались.

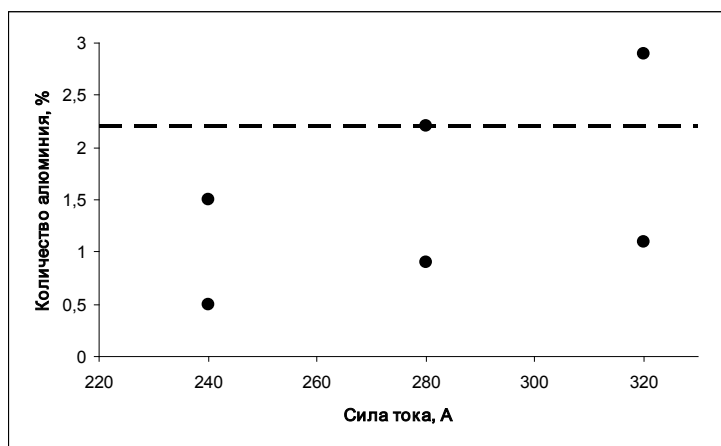


Рис. 4. Содержание алюминия в основном слое на уровне пунктирной линии (2,2 %) и выше приводит к образованию трещин во время наплавки

Структура металла, наплавленного сварочной проволокой Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1 на подслой, наплавленный МНЖКТ 5-1-0,2-0,2 на бронзу Бр. А9Ж4Н4Мц1, при содержании алюминия в основном слое не более 1,5 % имеет однофазное строение α -твердого раствора на основе меди. Твердость по Виккерсу HV основного слоя составляет 186–191, подслоя – 180–193, бронзы – 270–280. Поскольку временное сопротивление бронзы заметно выше наплавленного металла, то и твердость ее тоже заметно выше твердости металла наплавки. Твердость основного слоя близка к твердости подслоя, несмотря на то, что твердость сплава МНЖКТ 5-1-0,2-0,2 меньше твердости сплава МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1. Это объясняется значительным переходом алюминия из бронзы в промежуточный подслой и его упрочняющим воздействием на медно-никелевый сплав. Следует отметить, что при образовании интерметаллидов в металле, наплавленном проволокой МНЖМц28-2,5-1,5 на бронзу, твердость наплавленного металла увеличилась до уровня бронзы и составила 217-278 HV. Временное сопротивление образцов из соединений – 360-380 МПа – на уровне сплава МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1.

Таким образом, можно сделать следующие выводы и заключения:

1. Ручную аргонодуговую наплавку сварочных проволок с содержанием никеля 40 % и более на бронзу Бр. А9Ж4Н4Мц1 необходимо выполнять через подслой, чтобы избежать образования трещин в наплавленном металле, вызванных интерметаллидной фазой Ni_3Al .

2. В качестве сварочной проволоки для подслоя целесообразно применять МНЖКТ 5-1-0,2-0,2. При содержании алюминия 1,5 % и менее в основном слое, наплавленном сварочной проволокой Св-МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1 на такой подслое, трещин в соединении не образуется.

3. Структура металла основного слоя и подслоя (наплавленных в соответствии с п. 2) однофазная, представляет собой α -твердый раствор на основе меди. Твердость основного слоя – 186–191 НV, временное сопротивление соединения – 360–380 МПа – на уровне сплава МНЖМцТК 40-1-1-0,3-0,1.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки Российской Федерации, уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI62514X0020.

Список литературы

1. Вайнерман А. Е., Веретенников М. М. Исследования наплавов медно-никелевого сплава с высоким содержанием никеля на алюминиево-никелевую бронзу // Вопросы материаловедения : научно-технический журнал. – 2010. – № 1 (61). – С. 78–85.
2. Осинцев, О. Е., Федоров В. Н. Медь и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки : справочник. – М. : Машиностроение, 2004. – 336 с.
3. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди : справочник / М. Е. Дриц [и др.]. – М. : Наука, 1979. – 248 с.